

10/537529

COPY OF PCT INTERNATIONAL APPLICATION
PCT/JP2004/008108 AS FILED ON 10 JUNE 2004
明細書

半導体単結晶ウエハの製造方法とそのためのレーザ加工装置

技術分野

- [0001] 本発明は半導体単結晶ウエハの製造方法に関し、特に、比較的小口径の半導体単結晶ウエハを低成本で効率よく生産し得る方法とそのためのレーザ加工装置に関する。

背景技術

- [0002] 今日、種々の半導体デバイスが半導体単結晶ウエハから製造されている。そして、それらの半導体デバイスの生産効率を高めるために、一般には、できるだけ大口径の半導体単結晶ウエハを利用してそれらの半導体デバイスを製造することが望まれている。このような要望から、シリコンでは12インチ(約30.5cm)径のように大口径の円柱状単結晶インゴットが育成され、そのようなインゴットからスライサやマルチワイヤソーなどによって、12インチ径のシリコン単結晶ウエハが切り出されて製造されている。

- [0003] 他方、III-V族化合物やII-VI族化合物のような化合物半導体においては、大口径の単結晶インゴットを育成することが、シリコンの場合に比べてはるかに困難である。したがって、従来では主として2インチ(約5.1cm)径の化合物半導体単結晶インゴットが育成され、そのインゴットから切り出された2インチ径の化合物半導体単結晶ウエハが半導体デバイスの製造に使用されていた。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0004] 近年では、化合物半導体単結晶インゴットの育成技術も進歩しており、化合物半導体の種類によっては、比較的大きな5インチ(約12.7cm)径や6インチ(約15.2cm)径の化合物半導体単結晶インゴットの育成も可能になっている。

- [0005] しかし、前述のように、工業的に利用可能な化合物半導体単結晶ウエハは、従来では主として2インチ径のものであった。したがって、化合物半導体単結晶ウエハを利用して半導体デバイスを作製する生産ラインは、従来では2インチ径のウエハを対象

USPS EXPRESS MAIL

EV 511 024 369 US

JUNE 03 2005

として構成されている。そして、そのように2インチ径の化合物半導体単結晶ウエハを対象とした生産ラインは、現在も多数存在しかつ稼動している。すなわち、比較的大きな5インチ径や6インチ径の化合物半導体単結晶インゴットの育成が可能になっても、既存の生産ラインの観点から、依然として2インチ径の化合物半導体単結晶ウエハに対する需要が存在する。

- [0006] なお、2インチ径と称されるウエハは厳密に2インチの直径を有することを意味せず、5%程度の誤差は許容範囲内であって、生産ラインも5%程度のウエハ径の変動を許容し得るように設定されている。このようなウエハ径の誤差の許容範囲は、他のインチ径のウエハについても同様である。
- [0007] 上述のような状況から、現在では5インチ径や6インチ径の化合物半導体単結晶インゴットの育成技術を有する半導体ウエハ提供業者であっても、2インチ径のウエハに対する需要に応じるために、わざわざ2インチ径の単結晶インゴットを育成している。そして、結晶方位の目印となるOF(オリエンテーションフラット)および望まれる場合にはIF(インデックスフラット)を形成する加工をも含めて、インゴットの外周研磨を行っている。なお、OFやIFの代わりに、ノッチが形成されることもある。さらに、インゴットからのスライス工程および研磨工程を経て、目的とする2インチ径のウエハを得ている。
- [0008] もちろん、大きな5インチ径や6インチ径のウエハで利用し得るウエハ面積と同等のウエハ面積を小さな2インチ径のウエハでまかなおうとすれば、大径ウエハの何倍もの枚数の小径ウエハが必要になる。そのような多数枚の小径ウエハを提供しようとすれば、多数の小径インゴットを育成しなければならず、さらに多数のインゴットから多数のウエハを切断する工程が必要となる。
- [0009] これは、多数の単結晶育成炉と多数のウエハ切断装置を必要とすることを意味し、ウエハ生産のコストおよび効率の観点から望ましくないことである。このような場合に、大口径の単結晶インゴットを育成し得る大型炉内で複数本の小口径単結晶インゴットを育成することが考えられ得る。しかし、そのような大型炉内で複数本の小口径単結晶インゴットの育成条件を均一に調整することは困難であり、結晶品質が均一で良好な複数の小口径単結晶インゴットを同時に得ることは困難である。また、切断工程を簡略

化しようとして、複数の小径インゴットを束ねて同時に切断することなども考えられるが、切断が不安定になって、目的とする正確な結晶面方位を有するウエハを得ることが困難になる。

- [0010] このような従来技術の状況に鑑み、本発明は、比較的小径の半導体単結晶ウエハを低コストで効率よく製造し得る方法とそのためのレーザ加工装置を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

- [0011] 本発明による半導体単結晶ウエハの製造方法においては、相対的に大口径の半導体単結晶ウエハから、需要者が希望する相対的に小口径の半導体単結晶ウエハを複数枚切り出すことを特徴としている。なお、このような半導体単結晶ウエハの製造方法は、その半導体がGaAs、InP、またはGaNのような化合物半導体である場合に特に好ましいものである。
- [0012] 切り出し加工される大口径のウエハは、0.15mm以上で1.5mm以下の厚さを有することが好ましい。また、ウエハの切り出しは、レーザ法、放電加工法、ウォータージェット法、ワイヤソー法、超音波法、およびダイヤ電着円筒コアによる研削法のいずれかによって行うことができる。特に、曲線や直線状の自由自在の切断が容易に可能なレーザ法、放電加工法、ウォータージェット法、およびワイヤソー法は、XY駆動ステージ制御装置の設定をすることで容易にOFとIFを加工し得るので好ましい。
- [0013] 切り出しへは、4インチ径以上の大口径ウエハから2インチ径以上の小口径ウエハを3枚以上切り出したり、5インチ径以上の大口径ウエハから2インチ以上の小口径ウエハを4枚以上切り出したり、6インチ径以上の大口径ウエハから2インチ以上の小口径ウエハを7枚以上切り出したりすることができる。なお、ウエハの効率的利用の観点から、1枚の大口径ウエハから切り出される複数の小口径ウエハの総面積は大口径ウエハの面積の50%以上であることが好ましい。また、大口径ウエハに含まれる不良部(双晶、多結晶、結晶すべり、欠け、ひび割れなど)がその大口径ウエハの面積の65%以下である場合には、残部から小口径ウエハを切り出すことが可能である。切り出し加工に際しては、複数枚の大口径のウエハが重ねられた状態で小口径のウエハが切り出されることも、加工効率の観点から好ましい。

- [0014] 小口径ウエハの各々には、大口径ウエハのどの部分から切り出されたかを識別するための符号が付されることが好ましい。また、小口径ウエハは、オリエンテーションフラットとインデックスフラットを有するように加工され得る。その場合に、小口径の半導体単結晶ウエハの各々は、劈開によってオリエンテーションフラットを形成するための持ち代用突出領域を有するように切り出されることが好ましい。さらに、大口径ウエハのどの部分から切り出されたかを識別するための符号は、そのオリエンテーションフラットを形成するための持ち代用突出領域に付されることが好ましい。小口径ウエハには、結晶方位の判別および整列を容易にするためのノッチが形成されてもよい。
- [0015] 小口径のウエハの切り出しは、YAGレーザビームを用いて行うことが好ましく、特にYAGパルスレーザを用いて行うことが好ましい。その場合に、パルスレーザの1ショットで大口径ウエハに開けられる穴の径の30%~87%が重複するように、穴の複数が連続させられることによって、小口径ウエハが切り出されることが好ましい。大口径ウエハはインゴットからスライスされたままの主面、その後に洗浄された主面、または $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下の厚さで表層がエッティング除去された主面を有し、そのような主面に対してレーザビームが照射されることが好ましい。
- [0016] 切断前の大口径ウエハは切断後の複数の小口径ウエハを支持するための複数の支持手段によって支持されることが好ましく、支持手段の各々は小口径ウエハより小さな支持領域を有している。そのような支持手段は、真空チャックであり得る。支持手段は剣山であってもよく、剣山上に載置されたウエハ上に重しを配置するか、または磁性を有する剣山上に載置されたウエハ上に磁石を配置することによってウエハをより安定に支持することができる。
- [0017] また、レーザビームによる切断に伴う残滓を吹き飛ばすように、ガスが噴射されることが好ましい。それらのガスおよび残滓は、吸引されて集塵装置に導かれることが好ましい。レーザビームによる切断開口の幅は、ウエハのレーザビーム入射側に比べて反対側において狭くなるようにレーザビームが調整され、切断面はウエハの主面に対して65~85度の範囲内の角度に形成されることが好ましい。
- [0018] 1つのインゴットからスライスされた複数の大口径ウエハの各々のどの部分から切り出されたかを識別するための符号が複数の小口径ウエハの各々に付され、複数の大

口径ウエハの互いに対応する部分から切り出された複数の小口径ウエハが1つのロットとしてまとめられることが好ましい。

- [0019] 小口径ウエハの周縁に付着した切断残滓は、摩擦除去されることが好ましい。また、小口径ウエハの外周端面層は、ゴム砥石によって0.3mm以下の削り代で除去されることが好ましい。外周端面層は0.1mm以下の削り代で除去されてもよく、その外周端面の一方縁または両方縁がゴム砥石によって面取りされることが好ましい。小口径ウエハの周縁がゴム砥石によって加工された後に、汚染物を除去するためにウエハ全体がエッチングされることも好ましい。
 - [0020] 相対的に大口径の半導体単結晶ウエハから相対的に小口径の半導体単結晶ウエハをレーザビームによって複数枚切り出すためのレーザ加工装置は、大口径ウエハから切断される予定の複数の小口径ウエハ領域を下方から支持するための複数の支持手段と、ウエハの上方においてXYステージに支持されたレーザビーム放射口を含むレーザ装置と、レーザビームによる切断に伴う残滓を吹き飛ばすようにガスを噴射するためのガス噴射装置とを含むことによって構成され得る。
 - [0021] なお、支持手段は真空チャックまたは剣山を含むことができ、その支持領域は小口径ウエハの主面より小さく設定される。支持手段が剣山を含む場合、その剣山上に載置されたウエハ上に配置するための重し、または磁性を有する剣山上に載置されたウエハ上に配置するための磁石をさらに含むことが好ましい。
 - [0022] ガス噴射装置も、レーザビーム放射口とともにXYステージによって支持されていることが好ましい。また、ガスおよび残滓をウエハの下方向に吸引してその残滓を除去するための集塵装置がさらに設けられることが好ましい。
 - [0023] レーザ装置としてはYAGレーザ装置を用いることができ、特にYAGパルスレーザ装置が好ましく用いられ得る。レーザビーム放射口は、光ファイバによってレーザ発生源に接続されていることが好ましい。
- ### 発明の効果
- [0024] 本発明によれば、比較的大径の半導体単結晶インゴットから比較的小径の半導体単結晶ウエハを低成本で効率よく製造し得る方法とそのためのレーザ加工装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0025] [図1]本発明の一実施形態において、4インチ径の半導体単結晶ウエハから3枚の2インチ径ウエハを切り出す様式を図解する模式的な平面図である。
- [図2]本発明によるレーザ加工装置の一例を示す模式的な断面ブロック図である。
- [図3]ウエハの切断開口を示す模式的断面図である。
- [図4]本発明の他の実施形態において、5インチ径の半導体単結晶ウエハから4枚の2インチ径ウエハを切り出す様式を図解する模式的な平面図である。
- [図5]本発明の他の実施形態において、6インチ径の半導体単結晶ウエハから7枚の2インチ径ウエハを切り出す様式を図解する模式的な平面図である。
- [図6]本発明の他の実施形態において、6インチ径の半導体単結晶ウエハから劈開用持ち代領域を有する2インチ径ウエハを7枚切り出す様式を図解する模式的な平面図である。

符号の説明

- [0026] 1a 4インチ径の単結晶ウエハ、1b 5インチ径の単結晶ウエハ、1c、1d 6インチ径の単結晶ウエハ、2a、2b、2c、2d 2インチ径の単結晶ウエハ、2d1 劈開用持ち代領域、2d2 符号、3 切断開口、11 漏斗状金属容器、12 真空チャック、13 レーザビーム放射口、13a レーザビーム、14 光ファイバ、15 レーザ発生装置、16 ガス噴射装置、16a 噴射ガス、17 集塵装置。

発明を実施するための最良の形態

- [0027] (実施形態1)

図1は、本発明の実施形態1において、比較的大径の半導体単結晶インゴットから小径の半導体単結晶ウエハを製造する一工程を模式的な平面図で図解している。現在では、たとえばGaAs化合物半導体において、比較的大きな5インチ径や6インチ径の単結晶インゴットの育成が可能である。また、InP化合物半導体においても、4インチ径以上の比較的大径の単結晶インゴットの育成が可能になりつつある。

- [0028] この実施形態1においては、まず4インチ径の(実際には研削代を含むために4インチより少し大きい)化合物半導体単結晶インゴットが育成され、外周研削およびOFの形成が行われる。その外周研削された4インチ径インゴットから、スライサやマルチソ

一などによって4インチ径のウエハ1aが切り出される。そして、図1に示されているように、その4インチ径ウエハ1aから、たとえばレーザ切断によって3枚の2インチ径のウエハ2aが切り出され得る。そのようなレーザ切断は、たとえば図2の模式的な断面プロック図に示されているようなレーザ加工装置を用いて行うことができる。

- [0029] 図2のレーザ加工装置は、漏斗状の金属容器11を含んでいる。金属容器11内には複数の真空チャック12が設置されており、4インチ径のウエハ1aがそれらの真空チャック12によって支持される。4インチ径のウエハ1aから3枚の2インチ径のウエハ2aが切り出される場合、それら3枚の2インチ径ウエハに対応して3つの真空チャック12が設置されている。真空チャック12は、2インチ径ウエハ2aに比べて小さな支持領域を有している。各真空チャック12内は矢印12aで示されているように排気され、4インチ径のウエハ1aがそれらの真空チャック12に吸引支持される。
- [0030] 真空チャック12は切り出されるべき小径ウエハに比べて小さな支持領域を有しているので、その真空チャック12がレーザビームによって損傷を受けることがない。ただし、切断残滓が小径ウエハの下面に回りこんで付着することを防止する観点から、真空チャック12の径は小径ウエハの径に比べて僅かに小さい程度であることが好ましい。たとえば、図1に示されているように、50.2mm径の小径ウエハ2aを切り出す場合に、真空チャック12の径は49.8mm程度であることが好ましい。このように真空チャック12の径が小径ウエハの径に比べて僅かに小さい場合、小径ウエハの裏面において真空チャック12で覆われていなかった微小な周縁領域が後の周縁研削加工または周縁研磨加工によって除去されてしまうので、仕上げられた小径ウエハの下面に切断残滓が付着残留することがないという観点から好ましい。
- [0031] なお、ウエハ支持のために、真空チャックの代わりに剣山を用いることもできる。そのような剣山も、切り出されるべき小径ウエハに比べて小さな支持領域を有していることが好ましい。ウエハをより安定に支持するためには、剣山上に載置されたウエハ上に重しを配置するか、または磁性を有する剣山上に載置されたウエハ上に磁石を配置することが好ましい。
- [0032] ウエハ1aの上方には、XY駆動ステージ(図示せず)に支持されたレーザビーム放射口(レンズなどの光学系を含む)13が配置されている。このレーザビーム放射口13

は、光ファイバ14によってレーザ発生装置15に接続されている。また、レーザビーム放射口13に隣接して、ガス噴射装置16が配置されている。ガス噴射装置16は、レーザビーム放射口13の周囲に配置された複数のガス噴射口を含んでいてもよいし、レーザビーム放射口13を同軸で内包する単一のガス噴射口を含んでいてもよい。そして、ガス噴射装置16も、レーザビーム放射口13とともにXY駆動ステージに支持されている。もちろん、ガス噴射装置16は、フレキシブル導管(図示せず)を介して高圧ガス源(図示せず)に接続されている。高圧ガス源としては、たとえば $4\text{kg}/\text{cm}^2$ に加圧された窒素ガスや $5\text{kg}/\text{cm}^2$ に加圧された空気などを用いることができる。そして、漏斗状金属容器11の下方は集塵装置17に接続されている。

- [0033] レーザビーム放射口13から射出されたレーザビーム13aは、半導体単結晶ウエハ1a上に集光される。XY駆動ステージは、図示されていない制御装置に接続されており、レーザビーム放射口13をXY平面内で自由に移動させることができる。その制御装置には切断パターンをあらかじめ記憶させることができ、XY駆動ステージはその切断パターンにしたがってレーザビーム13aをウエハ1aに関して相対的に移動させることができる。こうして、図1に示されているように、4インチ径のウエハ1aから3枚の2インチ径のウエハ2aが切り出され得る。
- [0034] なお、レーザビーム13aによるウエハ切断時には、ガス噴射装置16によってウエハ切断領域へ矢印16aで示されているようにガスが噴射される。この噴射ガス16aによって、ウエハの切断残滓が吹き飛ばされ、切り出された2インチ径ウエハの周縁に切断残滓が付着残留することが防止され得る。そして、金属容器11の下方における切断残滓およびガス16aが矢印11aで示されているように集塵装置17内に吸引される。集塵装置17は切断残滓を捕獲し、矢印17aで示されているように浄化されたガスのみが集塵装置17から排出される。すなわち、切断残滓の粉塵やGaAs半導体中のAsのような有毒元素の排出が防止され得る。
- [0035] 以上のようにして、1本の4インチ径インゴットの結晶成長工程とスライス工程をそれぞれ1回経るだけで、1本の2インチ径インゴットを育成する場合に比べて、3倍の枚数の2インチ径ウエハを得ることができる。なお、上述のようなレーザ切断機能を用いて、OF/IF付またはノッチ付のウエハを切り出すこともできる。また、小口径ウエハの

各々には、識別符号が付され得る。大口径の化合物半導体ウエハにおいては、その局所的領域に依存して結晶の質や電気的特性が少し変動していることがあるので、それらの識別符号は、小口径ウエハが大口径ウエハのどの部分から切り出されたかを識別するとともに各小口径ウエハを相互に識別するために利用され得る。そして、同一のインゴットからスライスされた複数の大口径ウエハから切り出された複数の小口径ウエハについて、同一の識別符号を有する複数の小口径ウエハを同一のロットとしてまとめることができ、小口径ウエハの特性をそろえる観点から好ましい。そのような識別符号は、ゴム印のようなスタンプや、野書針またはレーザビームなどによるスクライブなどによつて付することができる。

- [0036] レーザ発生装置15としては、YAGレーザ装置が好ましく、特にYAGパルスレーザ装置が好ましい。YAGレーザ装置に比べて、炭酸ガスレーザ装置では、ビームを細く絞ることが困難で、切り代が大きくなる。また、YAGレーザ装置に比べて、エキシマレーザ装置は高価である。YAGレーザであっても、Qスイッチレーザに比べて、パルスレーザは少し切り代が太くなるが、切断速度を大きくし得るのでより好ましい。
- [0037] パルスレーザの1ショットで大口径ウエハに開けられる穴の径の30%—87%が重複するように、穴の複数が連続させられることによって、小口径ウエハが切り出されることが好ましい。それらの穴が連続しない場合には、切り出された小口径ウエハの周縁に割れが入ることが多い。また、穴の径の30%未満がつながる状態では、小口径ウエハの周縁の平滑度が低くなる。逆に、穴径の重複度が大き過ぎる場合には、必然的に切断速度が遅くなり過ぎる。穴径がウエハのレーザビーム入射側より反対側で小さくなる場合には、その小さい径の穴の重複度が30%—87%の範囲内にあることが望まれる。
- [0038] なお、図3の模式的なウエハ断面図に例示されているように、レーザビーム13aによる切断開口3の幅がウエハのレーザビーム入射側に比べて反対側において狭くなるようにレーザビームが調整され、切断面はウエハの主面に対して65—85度の範囲内の角度 θ に形成されることが好ましい。その場合に、レーザビーム13aによって溶融された半導体の液滴が噴射ガス16aによって効率的に吹き飛ばされ、切り出された小口径ウエハ2aの周縁に付着する切断残滓が少なくなる。この場合に、ウエハの主面

に対する切断面の傾斜角 θ は、レーザビームの焦点位置や焦点深度さらには噴射ガスを調整することによって変化させることができる。

- [0039] 市販のYAGパルスレーザ装置の一例では、レーザ出力を20Wから150Wの間で調整することができ、発振周波数は150—500パルス／秒の範囲内である。このようなYAGパルスレーザ装置を用いて、たとえば厚さ約0.5mmのGaAsウエハを約10—30mm／秒の速度で切断することができる。
- [0040] レーザ切断されるべき大径ウエハは、インゴットからスライスされたままの主面、その後に洗浄された主面、または10 μ m以下の厚さで表層がエッチング除去された主面を有していることが好ましい。大径ウエハの主面が鏡面に仕上げられている場合、レーザビームが反射されて切断が困難となる。大径ウエハがインゴットからスライスされたままの主面を有する場合、レーザ切断は可能であるが、その主面に汚染物が付着している個所で小径ウエハの切断径が変動することがある。そのような汚染物は、洗浄によって除去することができ、厚さ10 μ m以下のエッティングによっても除去することができる。10 μ m厚さ以下のエッティングでは、ウエハ主面がレーザ切断困難な程度まで鏡面に仕上げられることはない。
- [0041] なお、切り出された2インチ径ウエハは、エッジラウンディングのような周縁研磨およびOFやIFまたはノッチの形成後に研磨工程を経て完成させられる。まず、小径ウエハの周縁に付着した切断残滓が、摩擦除去されることが好ましい。小径ウエハの周縁に付着した比較的大きな切断残滓は、エッティングによって除去することができる。切断残滓を摩擦除去する場合、小径ウエハの外周端面層がゴム砥石によって0.3mm以下の削り代で除去されれば十分である。これは、レーザ切断は数値制御を利用して比較的高い精度で行うことができる所以、小径ウエハの外周縁近傍の切断残滓を除去すれば十分だからである。また、小径ウエハの外周端面層が0.1mm以下の削り代で除去されて、その外周端面の一方縁または両方縁がゴム砥石によって面取りされてもよい。そうすることによって、小径ウエハの外周縁近傍の切断残滓を十分に除去することができる。
- [0042] さらに、上述のように小径ウエハの周縁がゴム砥石によって加工された後に、汚染物を除去するためにウエハ全体がエッティングされて仕上げられる。たとえば、GaAsウ

エハは、アンモニア+過酸化水素系などのエッティング液によってエッティング仕上げされ得る。また、InPウエハは、硫酸+過酸化水素系などのエッティング液によってエッティング仕上げされ得る。

[0043] ところで、2インチ径ウエハはその上に作製される半導体デバイスなどに依存して所定の厚さを有することが望まれる。したがって、小径ウエハが切り出される大径ウエハは、その小径ウエハの所望厚さを実現し得る厚さを有することが求められる。ただし、小径ウエハが切り出される大径ウエハは、その大径ウエハのスライス時の割れや欠けの不良発生を低減させるために小径ウエハの所望厚さより厚く切断しても、その後の工程で平面研削を行って小径ウエハの所望厚さにすることも可能である。しかし、大径ウエハが2mmを越えて厚過ぎる場合には、そのレーザ切断が困難になるし、そのように厚過ぎる小径ウエハの需要もない。したがって、大径ウエハは、切断の容易性と扱いやすさをも考慮して、一般的には0.15mm以上で1.5mm以下の厚さを有することが好ましい。

[0044] (実施形態2)

図4は、本発明の実施形態2において、5インチ径の半導体単結晶ウエハから2インチ径の半導体単結晶ウエハを製造する一工程を模式的な平面図で図解している。その製造工程は、上述の実施形態1の場合と同様に行い得る。

[0045] すなわち、この実施形態2においては、まず5インチ径の(実際には研削代を含むために5インチより少し大きい)化合物半導体単結晶インゴットが育成され、外周研削およびOFの形成が行われる。その外周研削された5インチ径インゴットから、スライサーやマルチソーなどによって5インチ径のウエハ1bが切り出される。そして、図4に示されているように、その5インチ径ウエハ1bから4枚の2インチ径のウエハ2bが、実施形態1の場合と同様なレーザ切断によって切り出され得る。

[0046] すなわち、1本の5インチ径インゴットの結晶成長工程とスライス工程をそれぞれ1回経るだけで、1本の2インチ径インゴットを育成する場合に比べて、4倍の枚数の2インチ径ウエハを得ることができる。

[0047] なお、本発明によるレーザ切断は数値制御を利用して比較的高い精度で行うことができる、望まれる場合には、図4において破線で例示されているように小径ウ

エハのOFをもレーザ切断で形成することができる。

[0048] (実施形態3)

図5は、本発明の実施形態3において、6インチ径の半導体単結晶ウエハから2インチ径の半導体単結晶ウエハを製造する一工程を模式的な平面図で図解している。本実施形態3の製造工程も、上述の実施形態1の場合と同様に行い得る。

[0049] すなわち、この実施形態3においては、まず6インチ径の(実際には研削代を含むために6インチより少し大きい)化合物半導体単結晶インゴットが育成され、外周研削およびOFの形成が行われる。その外周研削された6インチ径インゴットから、スライサやマルチソーなどによって6インチ径のウエハ1cが切り出される。そして、図5に示されているように、その6インチ径ウエハ1cから7枚の2インチ径のウエハ2cが、実施形態1の場合と同様なレーザ切断によって切り出され得る。

[0050] すなわち、1本の6インチ径インゴットの結晶成長工程とスライス工程をそれぞれ1回経るだけで、1本の2インチ径インゴットを育成する場合に比べて、7倍の枚数の2インチ径ウエハを得ることができる。

[0051] (実施形態4)

図6は、本発明の実施形態3に類似する実施形態4に関し、6インチ径の半導体単結晶ウエハから2インチ径の半導体単結晶ウエハを製造する一工程を模式的な平面図で図解している。本実施形態4の製造工程も、上述の実施形態1の場合と同様に行い得る。

[0052] すなわち、この実施形態4においても、まず6インチ径の(実際には研削代を含むために6インチより少し大きい)化合物半導体単結晶インゴットが育成され、外周研削およびOFの形成が行われる。その外周研削された6インチ径インゴットから、スライサやマルチソーなどによって6インチ径のウエハ1dが切り出される。そして、図6に示されているように、その6インチ径ウエハ1dから7枚の2インチ径のウエハ2dが、実施形態1の場合と同様なレーザ切断によって切り出され得る。

[0053] すなわち、実施形態3の場合と同様に実施形態4においても、1本の6インチ径インゴットの結晶成長工程とスライス工程をそれぞれ1回経るだけで、1本の2インチ径インゴットを育成する場合に比べて、7倍の枚数の2インチ径ウエハを得ることができる。

- [0054] 他方、図6の実施形態4においては、2インチ径ウエハ $2d$ の各々は、劈開によってOFを形成するためのウエハ持ち代用突出領域 $2d_1$ を備えて切り出される。化合物半導体の多くは、特定の低指數の結晶面に沿って顕著な劈開性を有するものが多く、そのような劈開を利用して正確なOFを簡便かつ容易に形成し得る。従来では、劈開を利用してOFを形成する場合には、その劈開のための持ち代領域確保のために目的径より大き目の径のウエハが作製されていた。しかし、本実施形態4によれば、劈開によってOFを形成する場合でも、余分に大き目の径のウエハを準備する必要がなくなるという顕著な利点が得られる。
- [0055] また、本実施形態4においては、OFを形成するためのウエハ持ち代用突出領域 $2d_1$ 内に識別用符号 $2d_2$ を付することができる。そのような識別用符号 $2d_2$ によって、1枚の大径ウエハ $1d$ から切り出された複数の小径ウエハ $2d$ を互いに識別することができる。したがって、たとえば、複数の小径ウエハ $2d$ の各々が大径ウエハ $1d$ のどの部分から切り出されたものであるかを判別することができる。なお、識別用符号 $2d_2$ としては、レーザ切断の際のレーザビームを利用して突出領域 $2d_1$ 内に数字を書き込んでよいし、異なる数のドットなどを付してもよく、識別可能などのような符号を付してもよい。
- [0056] ところで、一般に、小径の単結晶インゴットに比べて、大径の単結晶インゴットの育成は難しい。これは、大径の単結晶インゴットを育成する場合に、双晶、多結晶、結晶すべりなどの種々の欠陥が、小径の単結晶インゴットの育成の場合に比べて導入されやすいからである。従来では、そのような欠陥を含む部分から切り出された大径ウエハは、製品として出荷できずに無駄になっていた。また、大径単結晶ウエハをスライサやマルチソーなどによって切り出す場合に欠けや割れが発生した場合にも、その大径ウエハ全体が製品として出荷できずに無駄になっていた。しかし、上述のような本発明による小径の半導体単結晶ウエハの製造方法を利用すれば、欠陥を含む大径のウエハから切り出された小径ウエハのうちで、その欠陥部を含まない部分から切り出された小径ウエハは製品として出荷することができるという大きな利益が得られる。
- [0057] なお、上述の実施形態においては、大径ウエハから小径ウエハを切り出す手段とし

てレーザ切断法が例示されたが、周知の放電加工法を利用することもできる。放電加工法を利用する場合には、切り出す小径ウエハの形状に対応した外周形状を有する薄肉筒状の放電電極を用いればよい。これらの切断法以外にも、周知のワイヤソー法、超音波法、ダイヤ電着円筒コアによる研削法などを切断法として利用することもできる。さらに、切断可能である限り、複数の大径ウエハを重ねて同時に小径ウエハの切り出し加工を行ってもよいことは言うまでもない。

[0058] また、現在では切り出される化合物半導体の大径ウエハは6インチ径が最大であるが、本発明は、将来作製されるであろう8インチ径や12インチ径などのさらなる大径のウエハにも適用可能であることは言うまでもない。同様に、上述の実施形態では切り出された小径ウエハは2インチ径であったが、本発明は、将来の大径ウエハから3インチ径以上の小径ウエハを切り出す場合にも適用し得ることも言うまでもない(たとえば、9インチ径ウエハから7枚の3インチ径ウエハを切り出すことができる)。さらに、本発明において、大径ウエハから切り出される小径ウエハは互いに同径である必要はなく、たとえば1枚の大径ウエハから2インチ径と3インチ径の小径ウエハを混在させて切り出すことも可能である。

[0059] また、本発明は、上述のGaAsやInPの化合物半導体ウエハに限らず、GaNのような他の任意の化合物半導体ウエハにも適用し得ることも言うまでもない。

産業上の利用可能性

[0060] 以上のように、本発明によれば、比較的大径の半導体単結晶インゴットから比較的小径の半導体単結晶ウエハを低コストで効率よく製造し得る方法とそのために用い得るレーザ加工装置を提供することができ、特に未だ需要の高い比較的小径の化合物半導体ウエハを高い生産性と低コストで提供することができる。

請求の範囲

- [1] 相対的に大口径の半導体単結晶ウエハ(1a-1d)から、需要者が希望する相対的に小口径の半導体単結晶ウエハ(2a-d)を複数枚切り出すことを特徴とする半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [2] 前記半導体は化合物半導体であることを特徴とする請求項1に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [3] 前記化合物半導体はGaAs、InP、およびGaNから選択されたいずれかであることを特徴とする請求項2に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [4] 前記大口径ウエハは0.15mm以上で1.5mm以下の厚さを有することを特徴とする請求項1に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [5] 前記小口径のウエハの切り出しは、レーザ法、放電加工法、ワイヤソー法、超音波法、およびダイヤ電着円筒コアによる研削法のいずれかによって行われることを特徴とする請求項1に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [6] 4インチ径以上の前記大口径ウエハから2インチ径以上の前記小口径ウエハを3枚以上切り出すことを特徴とする請求項1に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [7] 5インチ径以上の前記大口径ウエハから2インチ径以上の前記小口径ウエハを4枚以上切り出すことを特徴とする請求項6に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [8] 6インチ径以上の前記大口径ウエハから2インチ径以上の前記小口径ウエハを7枚以上切り出すことを特徴とする請求項7に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [9] 1枚の前記大口径ウエハから切り出される複数の前記小口径ウエハの総面積は前記大口径ウエハの面積の50%以上であることを特徴とする請求項1に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [10] 前記大口径ウエハに含まれる不良部はその大口径ウエハの面積の65%以下であることを特徴とする請求項1に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [11] 複数枚の前記大口径のウエハが重ねられた状態で前記小口径のウエハが切り出されることを特徴とする請求項1に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [12] 前記大口径ウエハのどの部分から切り出されたかを識別するための符号が前記小口径ウエハの各々に付されることを特徴とする請求項1に記載の半導体単結晶ウエ

ハの製造方法。

- [13] 前記小口径ウエハはオリエンテーションフラットとインデックスフラットを有することを特徴とする請求項1に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [14] 切り出された前記小口径の半導体単結晶ウエハの各々は、劈開によってオリエンテーションフラットを形成するための持ち代用突出領域を有していることを特徴とする請求項1に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [15] 前記大口径ウエハのどの部分から切り出されたかを識別するための符号が前記小口径ウエハの各々の前記オリエンテーションフラットを形成するための持ち代用突出領域に付されることを特徴とする請求項14に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [16] 前記小口径ウエハは結晶方位の判別および整列を容易にするためのノッチを有することを特徴とする請求項1に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [17] 前記小口径のウエハの切り出しは、YAGレーザビームを用いて行われることを特徴とする請求項1に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [18] 前記YAGレーザはパルスレーザであることを特徴とする請求項17に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [19] 前記パルスレーザの1ショットで前記大口径ウエハに開けられる穴の径の30%—87%が重複するように、前記穴の複数が連続させられることによって、前記小口径ウエハが切り出されることを特徴とする請求項18に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [20] 前記大口径ウエハはインゴットからスライスされたままの主面、その後に洗浄された主面、または $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下の厚さで表層がエッチング除去された主面を有し、前記主面に対して前記レーザビームが照射されることを特徴とする請求項17に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [21] 切断前の前記大口径ウエハは切断後の複数の前記小口径ウエハを支持するための複数の支持手段によって支持されることを特徴とする請求項17に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [22] 前記支持手段の各々は前記小口径ウエハより小さな支持領域を有していることを

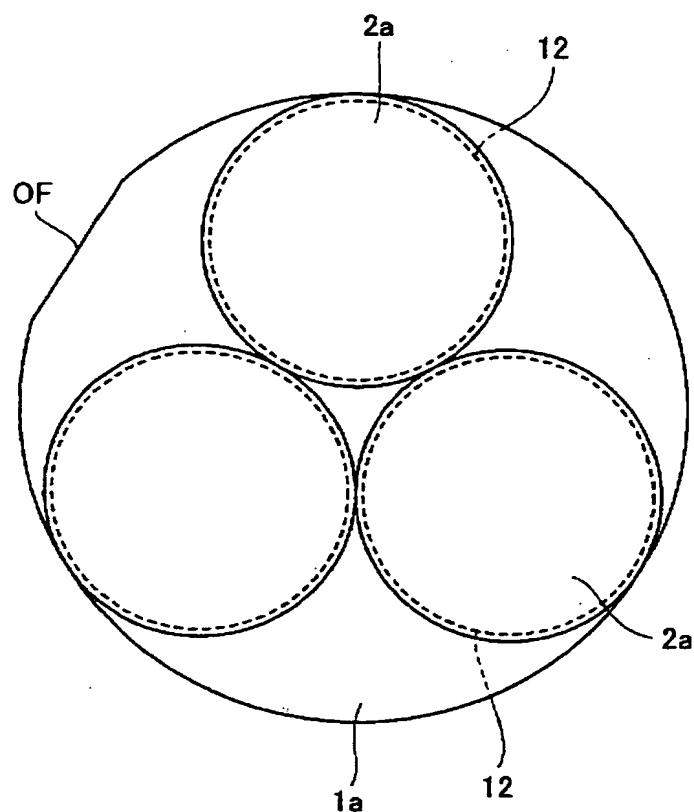
特徴とする請求項21に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。

- [23] 前記支持手段は真空チャックであることを特徴とする請求項22に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [24] 前記支持手段は剣山であり、前記剣山上に載置されたウエハ上に重しを配置するか、または磁性を有する前記剣山上に載置されたウエハ上に磁石を配置することによって前記ウエハをより安定に支持することを特徴とする請求項22に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [25] 前記レーザビームによる切断に伴う残滓を吹き飛ばすように、ガスが噴射されることを特徴とする請求項17に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [26] 前記ガスおよび前記残滓が吸引されて集塵装置に導かれることを特徴とする請求項25に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [27] 前記レーザビームによる切断開口の幅が前記ウエハのレーザビーム入射側に比べて反対側において狭くなるように前記レーザビームが調整され、前記切断面は前記ウエハの主面に対して65ー85度の範囲内の角度に形成されることを特徴とする請求項25に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [28] 同一のインゴットからスライスされた複数の前記大口径ウエハの各々のどの部分から切り出されたかを識別するための符号が複数の前記小口径ウエハの各々に付され、複数の前記大口径ウエハの互いに対応する部分から切り出された複数の前記小口径ウエハが同一のロットとしてまとめられることを特徴とする請求項17に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [29] 前記小口径ウエハの周縁に付着した切断残滓が摩擦除去されることを特徴とする請求項17に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [30] 前記小口径ウエハの外周端面層がゴム砥石によって0.3mm以下の削り代で除去されることを特徴とする請求項29に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [31] 前記外周端面層が0.1mm以下の削り代で除去され、その外周端面の一方縁または両方縁がゴム砥石によって面取りされることを特徴とする請求項30に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。
- [32] 前記小口径ウエハの周縁が前記ゴム砥石によって加工された後に、汚染物を除去

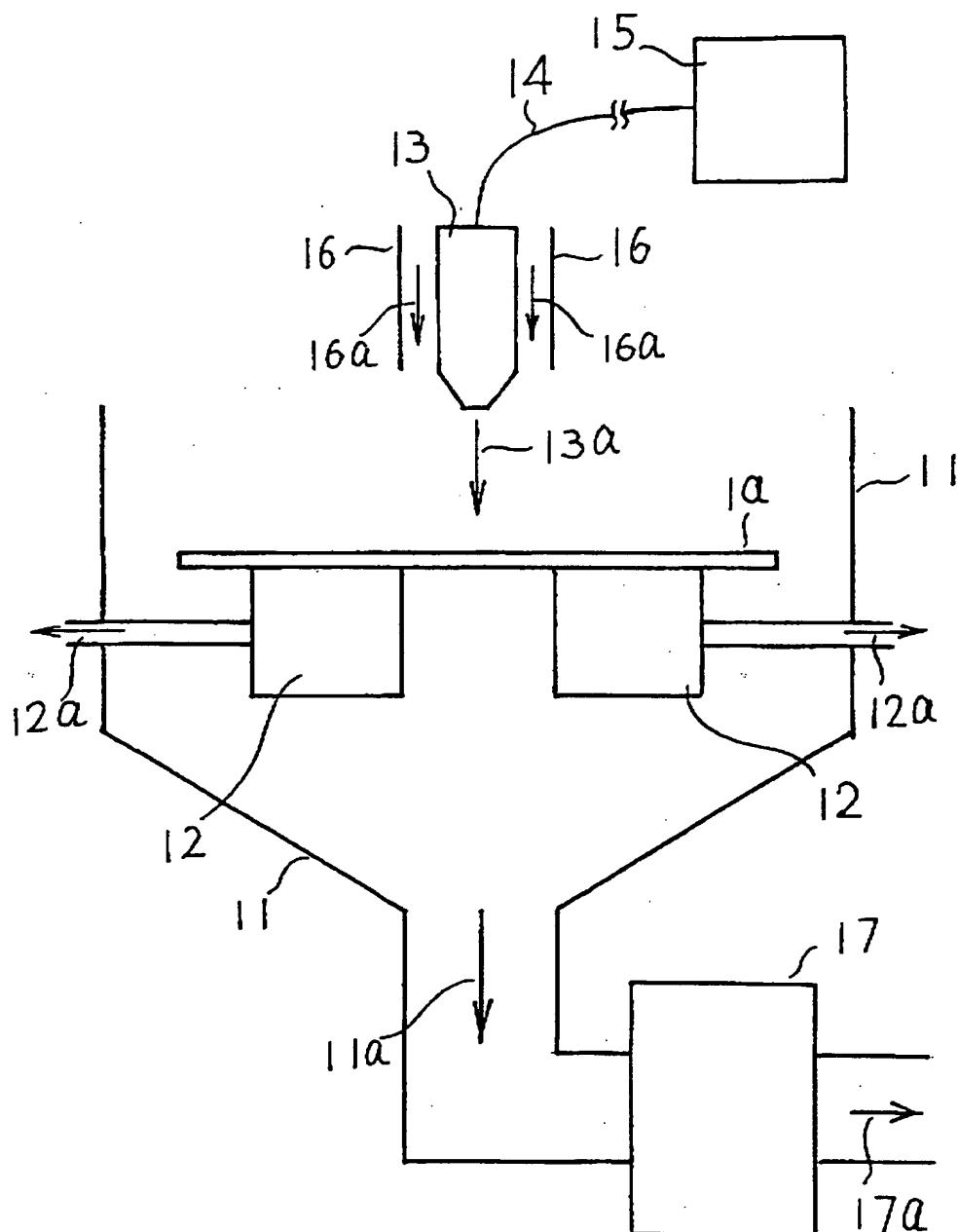
するために前記ウエハ全体がエッチングされることを特徴とする請求項30に記載の半導体単結晶ウエハの製造方法。

- [33] 相対的に大口径の半導体単結晶ウエハから相対的に小口径の半導体単結晶ウエハをレーザビームによって複数枚切り出すためのレーザ加工装置であって、
前記大口径ウエハから切断される予定の複数の前記小口径ウエハ領域を下方から支持するための複数の支持手段(12)と、
前記ウエハの上方においてXYステージに支持されたレーザビーム放射口(13)を含むレーザ装置と、
前記レーザビームによる切断に伴う残滓を吹き飛ばすようにガスを噴射するためのガス噴射装置(16)とを含むことを特徴とするレーザ加工装置。
- [34] 前記支持手段は真空チャックまたは剣山を含み、その支持領域は前記小口径ウエハの正面より小さいことを特徴とする請求項33に記載のレーザ加工装置。
- [35] 前記支持手段は磁性を有する剣山を含み、その剣山上に載置された前記ウエハ上に配置するための磁石をさらに含むことを特徴とする請求項34に記載のレーザ加工装置。
- [36] 前記ガス噴射装置も前記レーザ加工装置とともに前記XYステージによって支持されていることを特徴とする請求項33に記載のレーザ加工装置。
- [37] 前記ガスおよび前記残滓を前記ウエハの下方向に吸引してその残滓を除去するための集塵装置をさらに含むことを特徴とする請求項33に記載のレーザ加工装置。
- [38] 前記レーザ装置はYAGレーザ装置であることを特徴とする請求項33に記載のレーザ加工装置。
- [39] 前記YAGレーザ装置はパルスレーザ装置であることを特徴とする請求項38に記載のレーザ加工装置。
- [40] 前記レーザビーム放射口(13)は光ファイバ(14)によってレーザ発生源(15)に接続されていることを特徴とする請求項33に記載のレーザ加工装置。

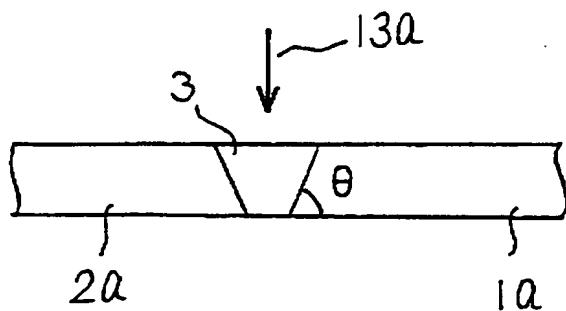
[図1]



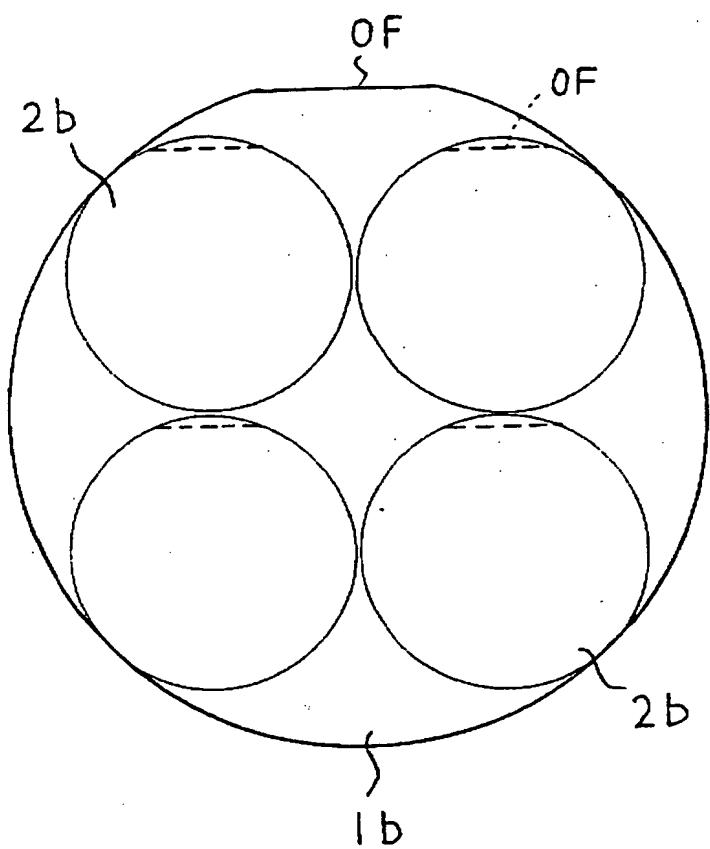
[図2]



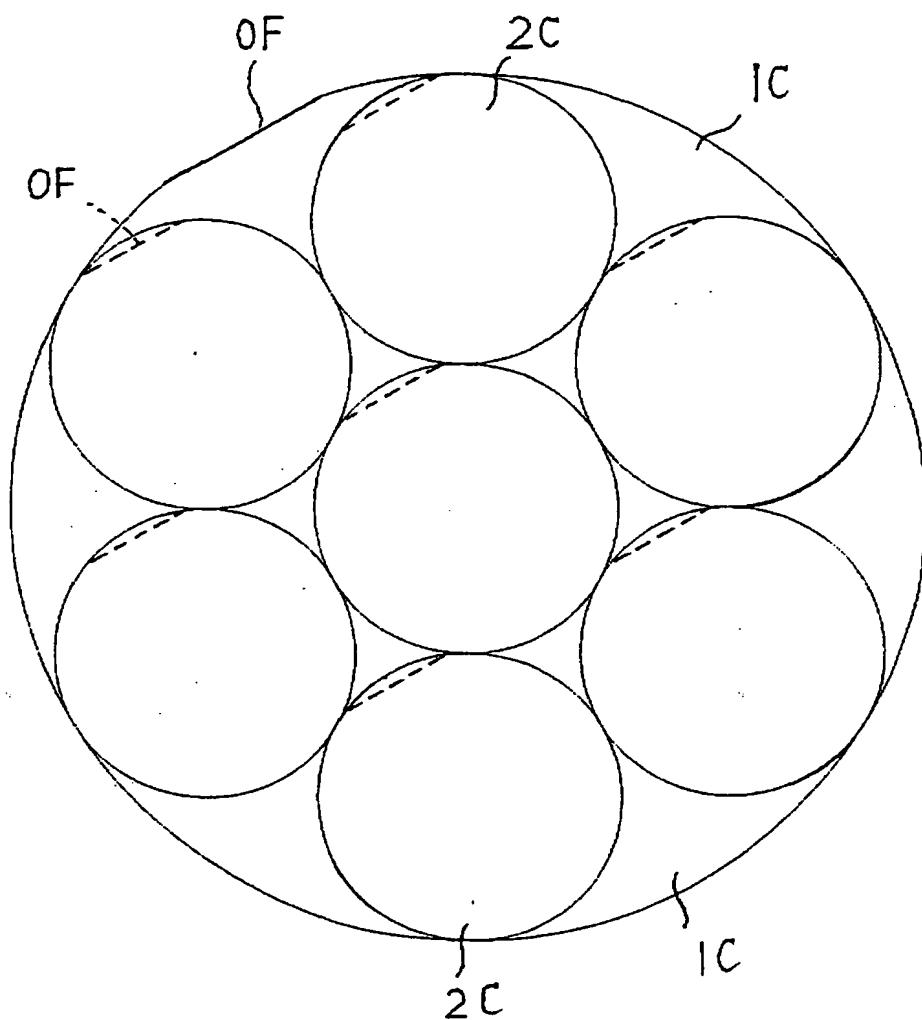
[図3]



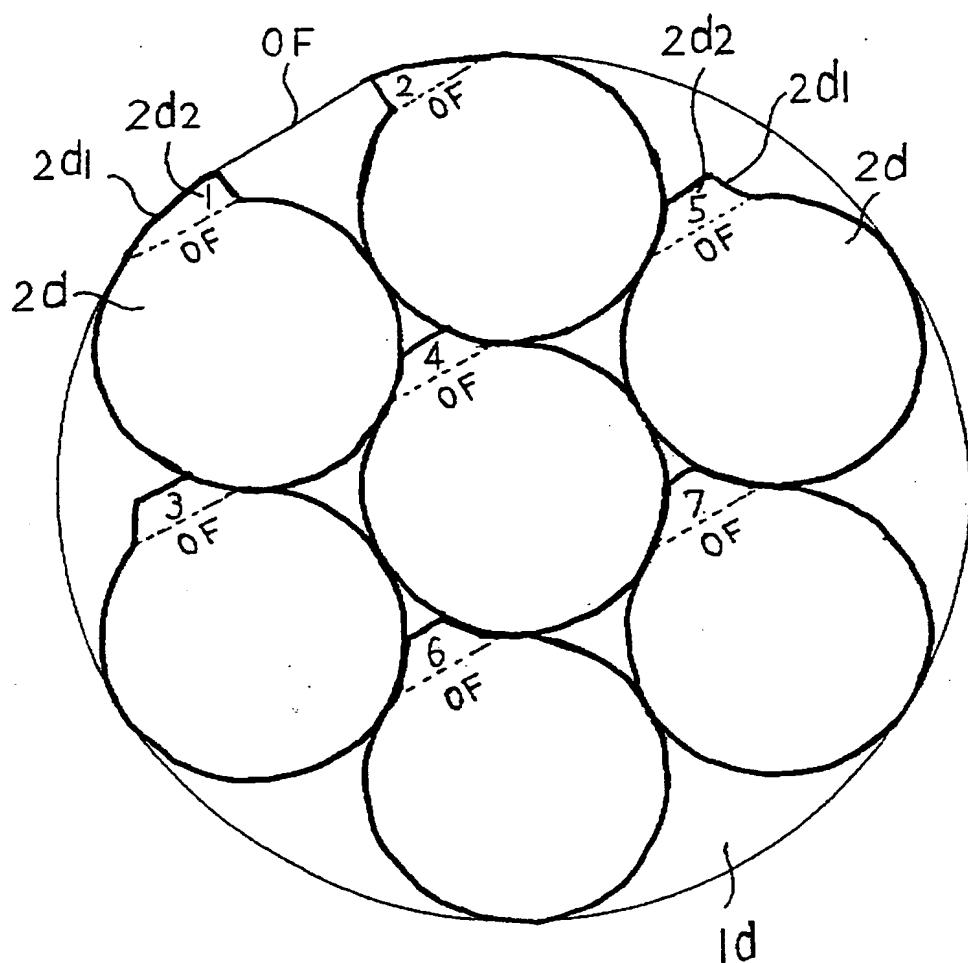
[図4]



[図5]



[図6]



USPS EXPRESS MAIL
EV 511 024 369 US
JUNE 03 2005